

Gimnazija Jožeta Plečnika Ljubljana

Šubičeva ulica 1

1000 Ljubljana



# **Analiza akumulatorjev pri zagotavljanju ustrezne napetosti ob zagonu motorja v helikopterju Bell-206**

Strojništvo

Raziskovalna naloga

David Perme Rožec, 3. D

Šolski mentor:

**Dip. Fiz. Damjan Delač**

Gimnazija Jožeta Plečnika

Ljubljana

Zunanji mentor:

Dip. Ing. Let. Gregor Kralj

Doc. Dr. Urban Žvar Baškovič

Ljubljana

## ZAHVALA

Za pomoč pri pripravi raziskovalne naloge se iskreno zahvaljujem Slovenski vojski, še posebej 15. Brigadi vojaškega letalstva in zračne obrambe. Posebna zahvala gre tudi tehniku letalcu dip. ing. str. Gregorju Kralju, ki mi je pomagal pri praktičnem delu naloge ter pri prikazu delovanja letalske enote. Zahvaljujem se tudi doc. dr. Urbanu Žvar Baškoviču, mentorju s Strojne fakultete v Ljubljani, ki je z bogatimi teoretičnimi znanji pomembno prispeval k oblikovanju naloge. Iskrena hvala tudi mojemu profesorju fizike, Damjanu Delaču, za njegov strokovni pristop in podporo pri razumevanju ključnih fizikalnih principov.

ZAHVALA.....	1
POVZETEK.....	1
UVOD.....	4
TEORETIČNI DEL.....	6
Bell 206.....	6
Svinčena baterija.....	8
Turbinski motorji.....	8
Galvanski člen.....	9
Vrste baterij v letalstvu.....	11
Litijeve baterije.....	11
Prevladovanje litij ionskih baterij.....	11
Varnostna vprašanja.....	13
True Blue TB 17 primer litij-ionske baterije.....	13
NiCd baterije.....	14
Toplotni beg.....	17
Vzdrževanje baterij.....	18
Polnjenje.....	19
Delovanje baterije pod G obremenitvami.....	19
Porabniki GPS.....	20
Delovanje satelitov v GPS.....	21
ASPEN EFD 1000.....	22
GARMIN GTN 650.....	24
Dodatni porabniki električne energije.....	25
EKSPERIMENTALNI DEL IN REZULTATI.....	28
RAZPRAVA.....	32
ZAKLJUČEK.....	33
LITERATURA.....	34
PRILOGE.....	36

## POVZETEK

V raziskovalni nalogi sem se spraševal o izboljšanju varnosti na helikopterju Bell 206. Bell 206 je šolsko letalo Slovenske vojske s turbinskim motorjem. Ima NiCd baterijo SP 1700, ki omogoča normalno delovanje motorja in navigacijskih naprav. Pomembno je, da baterijo redno vzdržujemo ter jo pred vsakim vzletom napolnimo. S tem podaljšujemo njeno življenjsko dobo. Baterije delujejo na principu galvanskega člana, imajo katodo in anodo. Med katodo in anodo poteče kemijska reakcija redukcije in oksidacije. Nastane energija, ki se pretvori v električno energijo. Med sabo sem primerjal tudi različne tipe bateriji, ki se uporabljajo v letalstvu. Primerjal sem, svinčeno-kislinske, NiCd in litij-ionske baterije. Ugotovil sem, da so litij-ionske baterije proizvedle največ moči kljub najmanjšemu številu celic. So tudi znatno lažje in potrebujejo manj časa za vzdrževanje kot NiCd in svinčeno-kislinske. Vendar pa je slabost litij-ionskih baterij v tem, da lahko hitro zagorijo ob stiku z vodo in so dražje od NiCd. Primerjal sem tudi različne porabnike na helikopterjih. Največji porabnik električne energije v helikopterju je navigacijska oprema. Čeprav so bili vsi helikopterji enakega tipa, so imeli različne porabnike. Prvi helikopter je imel eno navigacijsko napravo Garmin GTN 650, drugi je imel dve navigacijski napravi Garmin GTN 650 in tretji je imel dve navigacijski napravi Garmin GTN 650 in eno napravo Aspen EFD 1000. Navigacijska oprema deluje s pomočjo satelitov, ki sproščajo signale in računajo čas, ki ga potrebuje signal od prejemnika do satelita. S tem določijo pozicijo helikopterja. Največ električne energije porablja helikopter z dvema navigacijskima napravama Garmin GTN 650 in napravo Aspen EFD 1000, vendar pa ima pilot v tem primeru najboljši pregled nad letenjem helikopterja. Ugotovil sem, da največ električne moči proizvede litij-ionska baterija v kombinacij z dvema navigacijskima napravama Garmin GTN 650 in napravo Aspen EFD 1000. Med raziskovalno nalogo sem upošteval letalsko zakonodajo, ki je temelj letalstva. FAA (Federal Agency off Aviation) v Ameriki dovoljuje uporabo litij-ionskih baterij v Sloveniji pa njihova uporaba z zakonodajo ni dovoljena.





# UVOD

Raziskovalne naloge sem se lotil z namenom reševanja in odkrivanja problematike, s katero se soočajo piloti in tehniki letalci tako v civilnem kot v vojaškem letalstvu. Predvsem sem se pri raziskovanju osredotočil na helikopterje. S to raziskovalno nalogo želim raziskati, kako bi lahko piloti hitreje, lažje in predvsem varneje vzletali. Hitro vzletanje je predvsem pomembno pri izven letaliških poletih, zlasti pri reševanju iz gora. Izven letališko vzletanje zahteva še dodatno previdnost saj lahko zaradi premajhne napetosti baterije uniči motor in s tem resno ogrozi varnost posadke helikopterja in povzroči resne poškodbe helikopterja. Premajhna električna moč lahko povzroči hot start. To je proces pri katerem motor ne dobi zadostne električne moči za zagon turbin kar ne omogoča normalnega izgorevanja goriva in lahko povzroči okvaro na motorju. To lahko preprečimo z rednimi servisi in pravilnim postopkom prižiganja helikopterja. Vendar je lahko v veliki meri za hot start odgovorna baterija. Med pisanjem raziskovalne naloge sem se spraševal, kako bi s pomočjo izboljšanja bateriji in porabnikov na helikopterju izboljšal lažje in varnejše vzletanje. Moja naloga s strani strojništva odpira številna nova vprašanja za nadaljnjo raziskovanje predvsem v tematiki izboljšanja varnosti liti-ionskih bateriji, ki danes postajajo vse bolj popularne. Svoje raziskave sem izvajal na helikopterju Bell 206.



# TEORETIČNI DEL

## Bell 206

206 Long Ranger je helikopter z enomotornim turbinskim motorjem, zasnovan za vzlet in pristajanje na razmeroma ravnem terenu. Namenjen je prevažanju sedmih oseb, enega pilota in šestih potnikov. Oдобren je za letenje po VFR (vizualnih pravilih letenja) podnevi in ponoči ter ima certifikat za prevoz minimalno ene osebe. Trup je sestavljen iz treh glavnih delov: sprednjega dela, ki sega od nosu kabine do pregrade za potniškim prostorom, srednjega dela, ki sega od pregrade za potniškim prostorom do repnega nosilca, in repnega nosilca. Sprednji del je iz aluminijastega satovja in zagotavlja glavne nosilne elemente kabine. V njem so nameščeni sedeži za pilota in potnike, ohišje za rezervoar goriva ter nosilna struktura za pylon. Srednji del je izdelan iz aluminijaste konstrukcije in vključuje platformo za namestitev motorja, prtljažni prostor ter prostor pod motorno platformo za grelec in električno opremo. Repni nosilec je izdelan iz monokoknega repnega nosilca iz aluminijeve zlitine, ki podpira sistem, ki prenaša moč z glavnega motorja na repni rotor ter vodoravni stabilizator s stranskimi ploščami, navpično plavut in aerodinamične obloge. Helikopter je lahko opremljen z različnimi konfiguracijami pristajalnega podvozja, vključno z: nizkimi drsniki (standardna izvedba), visokimi drsniki, plavajočim podvozjem ali zasilnim plovnim podvozjem. Glavni rotor ima poltogi, nihajni, dizajn z dvema lopaticama, ki uporablja pred nagibano in znižano os perjenja, kar zagotavlja gladko delovanje. Repni rotor ima poltogi, delta-sklopljeni, dvoskrilni dizajn. Sistem prenosa moči omogoča prenos moči z motorja na glavne in repne rotorske sklope. Krmiljenje leta so mehanske povezave, ki jih aktivirajo konvencionalni krmilniki in se uporabljajo za nadzor položaja letala (attitude) in smeri leta. Tako ciklični kot kolektivni krmilniki vključujejo hidravlične servo aktuatorje. Krmiljenje glavnega rotora vključuje obroč za premikanje lopatic (swashplate), pogonsko povezavo (drive link) in povezave za naklon lopatic (pitch links). Helikopter 206 L poganja motor Allison Rolls-Royce, model 250-C20B, medtem ko helikopter 206L-1 poganja motor Allison Rolls-Royce, model 250-C28B. Helikopterja 206 L-3 in L-4 poganja motor Rolls-Royce Model 250-C30P. Ta dva modela nimata sistema FADEC. Hidravlični sistem zagotavlja stisnjeno tekočino za delovanje servo aktuatorjev cikličnega in kolektivnega krmiljenja leta. Delovanje sistema je električno nadzorovano preko stikala hidravličnega sistema. Gorivni sistem obsega tri medsebojno

povezane, trkovno odporne gorivne celice. Dve sprednji celici sta nameščeni pod srednjimi sedeži za potnike, zadnja gorivna celica pa se nahaja pod in za zadnjim sedežem za potnike. Helikopterji so zasnovani za delovanje z običajnimi letalskimi jet gorivi. Helikopter je opremljen z 28 VDC električnim sistemom. Električno energijo za helikopter zagotavlja nikelj-kadmijeva baterija, starter-generator in zunanji napajalni priključek.

KATEGORIJA	PODATEK
<b>Posadka</b>	1 pilot
<b>Kapaciteta</b>	4 potniki
<b>Dimenzije</b>	
- Skupna dolžina (z rotorji)	11,824 m (38 ft 9.5 in)
- Dolžina trupa	9,50 m (31 ft 2 in)
- Višina	2,908 m (9 ft 6.5 in)
- Notranje mere	2,18 m × 1,27 m × 1,30 m (7 ft 2 in × 4 ft 2 in × 4 ft 3 in)
- Prtljažni prostor	453 L (16 cu ft)
<b>Teža</b>	
- Prazna teža	660 kg (1,455 lb)
- Največja vzletna teža	1,451 kg (3,200 lb)
<b>Pogon</b>	
- Motor	1 × Allison 250-C20 turbogredni motor
- Moč	400 hp (298 kW)
<b>Rotorji</b>	
- Premer glavnega rotorja	10,16 m (33 ft 4 in)
- Površina glavnega rotorja	81,1 m <sup>2</sup> (873 sq ft)
- Profil lopatic	NACA 0012 mod (11,3 %)
<b>Zmogljivost</b>	
- Največja hitrost	226 km/h (122 kn, 140 mph) pri MTOW
- Največja hitrost na 5.000 ft	215 km/h (116 kn, 133 mph)
- Potovalna hitrost	220 km/h (120 kn, 140 mph) pri 5000 ft
- Domet	624 km (337 nmi, 388 mi) brez rezerve
- Največja operativna višina	6.100 m (20.000 ft) pri MTOW
- Hitrost vzpenjanja	6,9 m/s (1.350 ft/min)
<b>Dodatni podatki</b>	
- Obremenitev diska	20 kg/m <sup>2</sup> (4 lb/sq ft)
- Razmerje moč/masa	0,15 kW/kg (0,09 hp/lb)



Slika 1,2: BELL 206 Slovenske vojske S5-HPK s turbinskim motorjem

## Turbinski motorji

Pri reaktivnem motorju motor deluje na princip 3. Newtonovega zakona, ki pravi, da ima vsaka sila, ki deluje na telo enako nasprotno silo. V našem primeru je to zrak, ki se pospeši, ko prehaja skozi motor. Motor, ki pospešuje z neko silo povzroči nasprotno enako silo in omogoča let. Reaktivni motor proizvaja potisk s pomočjo izgorevanja,

Turbinski motorji so motorji z notranjim zgorevanjem, pri katerih zgorevanje goriva in sproščanje toplote potekata neprekinjeno pri nespremenjenem tlaku. Zrak, ki vstopa v motor, se usmeri in upočasni v dovodniku zraka, nato pa prehaja skozi več delov kompresorja, kjer se mu zvišata tlak in temperatura. Stisnjen zrak, vstopi v gorilnike, kjer se pomeša z gorivom in zgore. Gorilniki so zasnovani tako, da omogočajo popolno zgorevanje in preprečujejo pregrevanje sten, kar je izrednega pomena za zanesljivo delovanje motorja

Energija, ki se sprošča pri zgorevanju, se pretvori v mehansko delo, ki poganja kompresor in druge podporne naprave. Večina energije se porabi za pospešek izpušnih plinov v potisni šobi, kar ustvarja potisno silo, ki potiska letalo naprej, pri čemer je sila odvisna od hitrosti iztekajočih plinov in skozi motor. Turbinski motorji imajo razmeroma veliki pretok zraka glede na gorivo, kar pripomore k nižjim temperaturam izpušnih plinov in daljši življenjski dobi motorja.

Plinski generator, sestavljen iz gorilnika, kompresorja in turbine, je osrednji del turbinskega motorja. Delovni proces v turbinskih motorjih poteka neprekinjeno, kar jih ločuje od batnih motorjev, kjer se delovni cikli ponavljajo v intervalih.

Pri turbinskih motorjih tlak motorja sledi Joulovemu procesu. Zrak v kompresor priteče pri visoki hitrosti, zato je pri letalskih motorjih treba upočasniti dotekajoči zrak, s čimer se zvišata tlak in temperatura. Kompresor nato stiska zrak - pri čemer se zvišata tlak in temperatura. Pred gorilniki se mora hitrost zraka zmanjšati, da se prepreči odpih plamena. V gorilnikih kemična

energija goriva preide v toploto. To poveča prostornino produktov zgorevanja in njihovo hitrost. Plini nato vstopi v turbinske stopnje, ki poganja kompresor. Preostanek pa se usmeri v izpušno šobo, kjer ustvari potisk. Glede na zasnovo delimo turbinske motorje na enogredne, dvogredne in trigredne. Večgredni motorji omogočajo ločen pogon različnih kompresorskih stopenj, kar motorja. Enogredni motorji so preprostejši, vendar manj prilagodljivi. Dvogredni motorji pogostejši pri helikopterskih in letalskih motorjih, saj omogočajo boljše prilagajanje pogonskih stopenj. Trigredni motorji so kompaktni in lahki, kar jih naredi idealne za civilna letala.

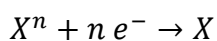
Kompresorji v turbinskih motorjih so lahko aksialni ali radialni. Aksialni kompresorji omogočajo večje masne tokove zraka in so primerni za hitra letala, saj imajo in ustvarjajo manj upora. Vendar pa zahtevajo več stopenj, kar povečuje težo motorja. Radialni kompresorji so manjši, zato jih pogosto srečamo v manjših motorjih.

Sodobni turbinski motorji za civilna letala uporabljajo obvodni zrak, ki ga pospešuje velik ventilator v sprednjem delu motorja. Ta zasnova omogoča zmanjšuje hrup. Ventilator običajno poganja nizkotlačna turbina, in povečuje učinkovitost motorja.

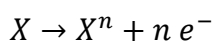
Turbinski motorji so ključni za sodobno letalstvo, saj dajejo pogon letalom z visoko hitrostjo in dolgim dosegom.

## Galvanski člen

Akumulatorji so naprave, ki s pomočjo kemijskih procesov pretvarjajo kemično energijo v električno energijo. Akumulatorji delujejo na principu galvanskega člena. Če potopimo kovino v elektrolit lahko preide do dveh reakcij. Raztopina lahko sprejema elektrone in kovina se lahko izloči v elementarnem stanju.



Atomi kovin lahko oddajo elektrone in v obliki ionov preidejo v raztopino.



Katera od reakcij bo potekla je odvisno od elektronskega potenciala, koncentracije ionov in pH-ja. Od količine kovine pa je odvisno oddajanje elektronov. Sistem, ki nastane, ko potopimo kovino v elektrolit imenujemo pol člen. Napetosti takega sistema ne moremo meriti zato povežemo dva pol člena in nastane galvanski člen skozi katerega steče električni tok. Galvanski člen vsebuje dve elektrodi, ki morata biti povezani da je električni tok sklenjen, elektrolit, ki je raztopina vode in ionov, in omogoča kemično reakcijo in pa elektrolitski ključ, ki je odgovorna za prehod ionov. V baterijah in akumulatorjih ni elektrolitskih ključev saj se ioni premikajo po elektrolitu med elektrodama. Deluje dvosmerno to pomeni, da lahko porablja električno energijo ali pa se s pomočjo električne energije napolni. Kovino v takem sistemu imenujemo elektroda. Ta pa je lahko pozitivno ali negativna (prejema ali oddaja elektrone). Elektrolit ne sodeluje v kemijski reakcij vendar zagotavlja prenos elektronov med elektrodami. Voda v elektrolitu baterije je destilirana, demineralizirana ali deionizirana, ki je običajno na voljo v zaprtih posodah. Voda mora imeti največ prevodnost 200.000 Ohmov na  $\text{cm}^3$ . Pozitivno nabita elektroda je katoda, negativno nabita pa je anoda. Med obema pol členoma pride do potencialne razlike, ki pa jo lahko izmerimo z voltmetrom. Galvanski člen proizvaja električno energijo s pomočjo redoks reakcij. Vir elektrike v akumulatorju tvorimo z redoks reakcijami. Redoks reakcija je reakcija pri kateri atomi spremenijo oksidacijsko stanje. Pri praznjenju baterije se anoda oksidira zato se masa anode zmanjša. Masa katode pa se med praznjenjem zaradi redukcije povečuje. Med polnjenjem akumulatorja se dogaja ravno obraten proces. Napetost člena je tem večja, čim imata kovini večji standardni elektronski potencial. Napetost je deloma tudi odvisna od koncentracije elektronov in temperature.

Napetost galvanskega člena je enaka razlika standardnega potenciala katode in anode.

$$U = E^0_K - E^0_A$$

Standardne potenciale posameznih kovin ugotovimo tako, da jih vežemo v galvanski člen s standardno vodikovo elektrodo. Ta je po dogovoru enaka nič. Da lahko lažje primerjamo vrednosti elektronskih potencialov kovin ustvarimo standardne pogoje, ki so pri temperaturi  $25^\circ\text{C}$ , tlaku 101,3 kPa in aktivni koncentracij snovi 1mol/l.

## **Vrste baterij v letalstvu**

### **Litijeve baterije**

Pri litij-ionskih baterijah se uporablja nevodna elektrolitska raztopina, pridobljena iz litijeve kovine ali litijeve zlitine, ki se uporablja kot material za negativno ali pozitivno elektrodo. Zaradi visoko reaktivne narave litija je proizvodnja, shranjevanje in uporaba te snovi podvržena strogim okolijskim predpisom. Kljub temu so litijeve baterije zaradi napredka v znanosti in tehnologiji postale široko uporabne. Litijeve baterije so sestavljene iz pozitivne in negativne elektrode, elektrolita, diafragme in ohišja baterije. Katodni material litijevih kovinskih baterij je običajno manganov dioksid. Litijeva kovina ali njena zlitina se, skupaj z nevodno elektrolitsko raztopino, uporablja kot material za negativno elektrodo. Pri običajni konfiguraciji litij-ionskih baterij pa se kot pozitivna elektroda uporablja zlitina litijevega metalnega oksida, medtem ko je negativna elektroda pogosto sestavljena iz grafita. Prav tako se pri litij-ionskih baterijah običajno uporablja nevodna elektrolitska raztopina. Za razliko od drugih vrst baterij, litij-ionske baterije ne vsebujejo škodljivih težkih kovin. Poleg tega pa imajo še številne prednosti npr. majhnost, visoka kapaciteta za shranjevanje in hitro polnjenje.

### **Prevladovanje litij ionskih baterij**

Zaradi relativno visoke gostote energije in uveljavljenih proizvodnih procesov so litij-ionske baterije prva izbira pri razvoju električnih in hibridno-električnih letal. Višja gostota energije je ključnega pomena za izvedbo električnih letal. Sodobne litij-ionske baterije dosežejo gostoto energije v razponu od 90 do 260 Wh/kg, kar ni dovolj za večja letala, ki bi za uporabo v praksi potrebovala cca 800 Wh/kg.

Gostota energije ostaja glavni izziv za električne pogonske sisteme v letalih. Trenutno najboljše komercialno dostopne litij-ionske baterije dosegajo specifične energije okoli 250-300 Wh/kg. Čeprav to predstavlja pomemben napredek v tehnologiji baterij, še vedno močno zaostaja za gostoto energije konvencionalnega jet goriva (približno 12.000 Wh/kg). To neskladje se še dodatno povečuje z nujnostjo učinkovitejših pogonskih sistemov in električnih motorjev, saj lahko že manjši napredek v energetske učinkovitosti bistveno poveča domet in trajanje leta.

## Svinčene baterije

Svinčene baterije so težke in manj trpežne kot baterije na osnovi niklja ali litija, kadar gre za globoko praznjenje. Popolno praznjenje povzroča obremenitve, vsako praznjenje in ponovno polnjenje pa trajno zmanjša zmogljivost baterije. Ta izguba je sprva majhna, vendar se začne hitreje povečevati, ko zmogljivost pade pod polovico nazivne vrednosti. Takšno postopno staranje je značilno za vse vrste baterij, čeprav v različni meri. Pri globokem praznjenju lahko svinčene baterije nudijo od 200 do 300 ciklov praznjenja in polnjenja. Razlogi za razmeroma kratko življenjsko dobo vključujejo korozijo mreže na pozitivni elektrodi, izgubo aktivnega materiala ter širjenje pozitivnih plošč. Polnjenje svinčene baterije je sicer enostavno, vendar je treba paziti na ustrezne napetostne meje. Prenizka napetost varuje baterijo, vendar zmanjšuje zmogljivost in povzroča nastanek sulfatnih oblog na negativni plošči. Po drugi strani višja napetost izboljša zmogljivost, a pospešuje korozijo pozitivne mreže. Kislinsko svinčena baterija RG 206 je zagonska baterija. Zagonska baterija je zasnovana za zagon motorja s trenutnim visokim tokom, ki običajno traja le sekundo ali dve. Glede na svojo velikost lahko baterija zagotavlja visok tok, vendar ni primerna za globoko praznjenje. Te baterije so označene s kapaciteto v amper-urah (Ah) ali rezervno kapaciteto (RS), ki prikazuje količino shranjene energije, ter z oznako CCA (tok hladnega zagona), ki kaže, koliko toka lahko baterija zagotovi pri nizkih temperaturah. Standard SAE J537 določa, da mora baterija 30 sekund zagotavljati tok pri  $-18\text{ °C}$  ( $0\text{ °F}$ ) v skladu z nazivno vrednostjo CCA, pri čemer napetost ne sme pasti pod 7,2 V. Zagonske baterije imajo zelo nizko notranjo upornost, ki jo dosežejo z dodatnimi ploščami za čim večjo površino (glej sliko 1). Te plošče so tanke, svinec pa je uporabljen v gobasti obliki, podobni drobnim peni, kar še dodatno poveča površino. Debelina plošč, ki je pri baterijah za globoko praznjenje zelo pomembna, tukaj ni ključna, saj je praznjenje kratkotrajno, baterija pa se ponovno napolni med vožnjo – poudarek je torej na moči in ne na kapaciteti.

## **Varnostna vprašanja**

Varnost je v letalstvu na prvem mestu, in baterijski sistemi niso izjema pred strogim varnostnim nadzorom. Sodobne litij-ionske baterije predstavljajo velik izziv zaradi toplotnega pobega in tveganj za požare. Toplotni pobeg je samo ohranjujoč proces, ki povzroči hitro povišanje temperature na območju, kjer toplotno odvajanje ni zadostno. Do tega običajno pride v baterijah, ko se toplota ne more dovolj hitro odvesti. Ta tveganja so v letalstvu zelo pomembna, saj ima lahko odpoved baterije katastrofalne posledice. Potencial za toplotne dogodke in izgubo kritične oskrbe z električno energijo je treba skrbno obravnavati z upoštevanjem strogih varnostnih protokolov in inovativnih oblikovalskih strategij. Letalska industrija vse bolj prepoznava potrebo po certificiranih električnih komponentah letalske kakovosti, s katerimi bi zmanjšali ta tveganja in zagotovili varno delovanje električnih in hibridnih letal.

### **True Blue TB 17 primer litij-ionske baterije**

Pri bateriji True Blue TB 17 lahko med prevozom ali uporabo pride do poškodbe baterije, kar povzroči nenadno segrevanje baterije in bel dim. Gre za uparjen elektrolit, ki je zelo vroč in lahko povzroči poškodbe. Bel dim vsebuje manjše količine vodikovega fluorida; neposredna ali dolgotrajna izpostavljenost dimu je škodljiva. Litij je najlažja kovina, ima največji elektrokemijski potencial in zagotavlja največjo specifično energijo na težo. Akumulatorske baterije s kovinskim litijem na anodi (negativne elektrode) bi lahko zagotovile izredno visoko energijsko gostoto, kar pa lahko povzroči električni kratki stik. Temperatura celice bi se hitro dvignila in se približala tališču litija, kar bi povzročilo toplotno uhajanje, znano tudi kot "prezračevanje s plamenom".

## NiCd baterije

Pri polnilni alkalni bateriji, ki ji pravimo tudi nikelj-kadmijeva baterija, se za negativno elektrodo uporablja kadmij za pozitivno elektrodo pa nikelj(II) hidroksid. Material za pozitivno elektrodo je običajno mešanica nikeljevega hidroksida in železovega oksida, medtem ko je material za negativno elektrodo pogosto kadmijev hidroksid. Elektrolit je običajno raztopina kalijevega hidroksida. Negativna elektroda je izdelana iz kadmija, baterija pa vsebuje gobo, ki je napolnjena tako s kadmijevim prahom kot tudi s prahom oksida. Elektrolit je lahko raztopina kalijevega ali natrijevega hidroksida, izbira pa je odvisna od temperature okolja. Pri višjih temperaturah se priporoča raztopina natrijevega hidroksida. Pri nižjih temperaturah je boljše raztopina kalijevega hidroksida. Pri temperaturah pod  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  se uporablja bolj koncentrirana raztopina kalijevega hidroksida. Da bi uravnotežili zmogljivost pri nizkih temperaturah in ohranili napetosti se za zaprte nikelj-kadmijeve baterije uporablja raztopina kalijevega hidroksida z gostoto 1,40. Za izboljšanje kapacitete baterije in podaljšanje življenjske dobe se v elektrolit običajno doda litijev hidroksid v koncentraciji 15-20 gramov na liter. Med polnjenjem in praznjenjem NiCd baterij poteka pretvorba aktivnih materialov na pozitivnih in negativnih ploščah. Ko je NiCd baterija napolnjena, se aktivni material na pozitivni plošči pretvori v nikeljev hidroksid, aktivni material na negativni plošči pa v kadmijev metal. Med praznjenjem se aktivni material na pozitivni plošči pretvori v nikeljev sub oksid hidroksid, medtem ko se aktivni material na negativni plošči pretvori v kadmijev hidroksid. NiCd baterije se zaradi svoje lahke zasnove, odpornosti proti udarcem in dolge življenjske dobe pogosto uporabljajo v različnih manjših elektronskih napravah, zaradi česar so široko razširjene na trgu. Na pozitivni električni plošči nikelj-kadmijeve baterije se nahajata nikeljev oksid in grafitni prah. Grafit ne sodeluje v kemični reakciji vendar pa poveča električno prevodnost. Grafit je odličen prevodnik električne energije in toplote; zaradi njegove molekulske sestave se lahko elektroni prosto gibljejo med delci grafita. Na negativni električni plošči se nahajata kadmijev oksid in železov oksid. Aktivna snov na negativni plošči je kadmijev oksid. To pomeni, da je aktivno vključen v redoks reakcijo. Železov oksid ni aktivno prisoten v redoks reakciji vendar poveča difuzijo kadmijevega oksida. Difuzija je proces prenosa delcev iz dela kjer je večja

koncentracija delcev v del kjer je manjša koncentracija. Železov oksid pripomore k lažjemu prehodu ionov in električnega naboja znotraj elektrode, kar poveča reaktivnost. Železov oksid tudi pripomore k zmanjšanju strjevanja kadmijevega oksida na elektrodo kar poveča kapaciteto baterije.

Elektrolit je raztopina ionov, ki prevaja električni tok. V nikelj-kadmijevi bateriji je elektrolit kalijev hidroksid raztopljen v vodi.

Pozitivna elektroda	Negativna elektroda
Polnjenje	Polnjenje
$2Ni(OH)_2 + 2(OH) \rightarrow 2NiOOH + 2H_2O + 2e$	$Cd(OH)_2 + 2e \rightarrow Cd + 2(OH)$
Prenapolnjenost	Prenapolnjenost
$2(OH) \rightarrow 0,5O_2 + H_2O + 2e$	$2H_2O + 2e \rightarrow H_2 + 2(OH)$
Praznjenje	Praznjenje
$2NiOOH + 2H_2O + 2e \rightarrow 2Ni(OH)_2 + 2(OH)$	$Cd + 2(OH) \rightarrow Cd(OH)_2 + 2e$

Osnovna enota nikelj-kadmijevega akumulatorskega sistema je celica. Celice z nikljevo-kadmijevimi sintranimi ploščami, ki se uporabljajo v baterijah, se delijo na dva osnovna tipa: zračne (ventilirane) in zaprte (zatesnjene). Večina nikelj-kadmijevih akumulatorskih baterij, ki se uporabljajo v helikopterjih, je sestavljena iz pravokotnih zračnih celic. Zatesnjene celice, tako pravokotne kot cilindrične, se uporabljajo v nekaterih aplikacijah s specifičnimi energijskimi zahtevami. Celice baterije obdaja pravokotno kovinsko ohišje z odstranljivim pokrovom, ki omogoča dostop za redno vzdrževanje. Notranje stranice ohišja so izolirane s plastičnimi oblogami. Celice znotraj ohišja so učvrščene s plastičnimi distančniki. Plošča je izdelana iz prahu, ki se pridobi s postopkom praškaste metalurgije. Prah nikljevega karbonila se rahlo stisne v kalupu, nato pa se obdeluje bodisi pri temperaturi približno 1600 °F (871 °C) v sintni peči bodisi z močnim električnim tokom. Med temi postopki se posamezna zrna niklja na stikih med seboj zvarijo, kar ustvari porozno ploščo, ki vsebuje približno 80 % odprtih por in 20 % trdnega niklja. Celica je sestavljena v končno obliko tako, da so jezički negativnih plošč privarjeni na en priključni vijak in jezički pozitivnih plošč na drugi priključni vijak. Ko je celica sestavljena, se vstavi v plastično ohišje, ki je opremljeno s pokrovom in prezračevalnim

sistemom, ki omogoča, da priključni vijaki štrlijo skozi zgornji del ohišja. Celotna enota je zatesnjena. Prezračevalni sistem omogoča uhajanje odvečnih plinov. Natančno število celic, potrebnih za določeno baterijsko sestavo, je odvisno od napetostne oznake naprave, ki jo je treba napajati. Nominalna napetost posamezne nikelj-kadmijeve celice je med 1,2 in 1,3 volta. Za 24-voltno baterijo je v serijo povezanih 19 zračnih celic s sintranimi ploščami. Plaketo nato impregnirajo z aktivnim materialom; za izdelavo pozitivne plošče jo namočijo v raztopino nikljevih soli, za negativno ploščo pa v raztopino kadmijevih soli. Namočenje je potrebno za dosego zelenega učinka; zatem se pozitivne in negativne plakete potopi v elektrolit in izpostavi električnemu toku, ki pretvori nikljeve in kadmijeve soli v končno obliko. Plaketo se nato opere, posuši in razreže na plošče. Ko je celica sestavljena, se na ploščo zavarijo nikljevi priključki. Separator je neprekinjena tanka porozna večplastna membrana, izdelana iz najlona in celofana ali drugega materiala, ki služi kot plinska pregrada, na primer Permion ali Celgard. Separator preprečuje stik med negativnimi in pozitivnimi ploščami. Pri sestavljanju celic se neprekinjen separator vstavi med plošče. Izpustni čep na vrhu celice, ki je običajno izdelan iz najlona, je mogoče odstraniti za dolivanje destilirane vode ali prilagoditev elektrolita. Presežni plini, ki se naberejo v celici med polnjenjem, uidejo skozi izpustno odprtino, ki se odpre, ko je dosežen določen tlak. Izpustni čep samodejno zatesni celico ter tako prepreči iztekanje elektrolitov in vdor tujkov, razen ob sproščanju plinov. Nikljevo-kadmijeve (Ni-Cd) baterije se odlikujejo po stabilnem delovanju, enostavnem vzdrževanju, visoki odpornosti na zlorabe, dobri zmogljivosti pri nizkih temperaturah; zanje je značilno, da ni potrebe po dodatnem upravljanju z elektronskimi napravami. Kljub tem lastnostim pa je pri dolgotrajni uporabi neizogiben upad zmogljivosti baterije, ki privede do motenega zagona, kar posledično vpliva na varnost vožnje.



ali celo eksplodirajo, odvisno od njihovega elektrokemičnega sistema, zgradbe, materiala ohišja itd.

## Vzdrževanje baterij

Učinkovita delavnica z baterijami mora biti: čista, dobro osvetljena, dobro prezračena, opremljen s potrebno opremo, oskrbljen z ustreznim virom električne energije, vode in zraka ter z zadostnimi odtoki, -opremljen z ustreznimi priročniki za vzdrževanje. Izpolnjevati mora vse predpise o varnosti, zdravju in uporabi in najpomembneje je, da ima usposobljeno osebje z dobrim znanjem.

Servisiranje baterije je najbolje opraviti pri temperaturah, ki so ugodne za ljudi (75 °F/25°C). Klimatska naprava je ključna pri ohranjanju baterije saj hladnejše baterije med polnjenjem absorbirajo več električne energije kot toplejše. Vir napajanja z izmeničnim tokom mora zadostovati za delovanje vseh polnilnikov/analizatorjev naenkrat, obenem pa je potrebno zagotoviti še varnostni faktor. Polnilnik RF80-M zahteva največji vhodni tok 25 amperov pri 230 voltov v eni fazi.

Na vir glavnega napajanja ne smemo priključevati še dodatne porabnike. Pri bateriji je pomembno, kako dovajamo kompresiran zrak. V dovodu zraka mora biti nameščen ustrezen oljni filter, saj preprečuje prehod kompresorskega olja v celice. Stisnjen zrak se uporablja za testiranje prezračevalnih pokrovčkov celic. Prisotnost olja na prezračevalnih pokrovčkih lahko onesnaži notranjost celice in povzroči penjenje elektrolita.

Kvalitetnejša oprema je dražja vendar imamo z njo manj stroškov. Najpomembnejša inštrumenta za polnjenje baterije sta:

1. Polnilnik/ analizator (RF-80-M) je naprava, ki je sposobna analizirati in napolniti tako nikelj-kadmijeve baterije kot svinčene baterije. ReFLEX® polnjenje deluje z izmeničnimi impulzi pozitivnega in negativnega naboja, ki ponovno vzpostavi ravnovesje znotraj celice, ter podaljšuje življenjsko dobo baterije. Zaslon na dotik naprave RF80-M omogoča tehniko programiranje in shranjevanje specifičnih zahtev za nikelj-kadmijeve ali svinčeno-kislinske baterije, ki se uporabljajo v letalstvu. Zaslon na dotik je barven in prikazuje čakajoče funkcije, napetost baterije, tok polnjenja/praznjenja in pretečeni ali preostali čas. Programi so lahko zaščiteni s gesli za dodatno varnost.

2. Instrument za spremljanje celic DataFX® zagotavlja podrobno poročilo o servisiranju baterij. Med polnjenjem in praznjenjem meri napetost posameznih celic v rednih intervalih ter rezultate prikazuje na zaslonu. Ob napaki sistem sproži opozorilno lučko in zvočni signal, hkrati pa na zaslonu prikaže vrsto napake in prizadete celice.

## Polnjenje

Litij-ionske in svinčeno-kislinske baterije izrabljajo preprostejšo metodo polnjenja. Liti-ionske in svinčene baterije za polnjenje uporabljajo metodo polnjenja imenovano konstantni tok in konstantna napetost (CCCV). Metodo CCCV lahko razdelimo na dva dela. CC pomeni konstantni tok. Baterija se polni z regularnim tokom dokler ne doseže vnaprej določene napetosti. CV pomeni konstantno napetost. V tej fazi, ko baterija doseže določeno mejo se začne tok zmanjševati, napetost pa ostaja nespremenjena dokler baterija ni napolnjena.

Baterije na osnovi niklja se polnijo drugače. Pri polnjenju ostaja tok enak vendar napetost ni omejena in se lahko prosto povečuje. Napolnjenost baterije je mogoče zaznati kot rahel padec napetosti, ki sledi naraščanju napetosti med polnjenjem. Temu pojavu polnjenja pravimo zaznavanje metode delta V. Nikelj kadmijeve baterije se polnijo hitreje saj z razliko od litij-ionskih in svinčeno-kislinskih baterij, saj napetost med polnjenjem v bateriji narašča prosto.. Prednosti nikelj-kadmijeve baterije je da ima zaradi večjih ciklov polnjenja daljšo življenjsko dobo. Nikelj-kadmijeva baterija ima večjo gostoto energije in je lažja in bolj primerna v letalski industriji v primerjavi s svinčenimi in litij-ionskimi baterijami. Slabost nikelj kadmijeve baterije je da pri napolnjenosti baterije napetost vpade in se baterija močno začne segrevati, kar lahko privede do samouničenja. Prednost pa je da so nikelj-kadmijeve baterije opremljene s toplotnim izklopom, ki onemogoči nadaljnjo segrevanje baterije in prekomerno napolnjenost baterije, ki lahko škodi bateriji.

## Delovanje baterije pod G obremenitvami

Kadar helikopter, izvaja akrobatske manevre je zaželena uporaba celičnega ventila, ki bo preprečili iztiskanje elektrolita iz celice, ko je letalo v stanju visoke G obremenitve. V zadnjih

15 minutah polnjenja, ko tok še teče, tehnik prilagodi nivo elektrolita na približno 0,6 cm nad vrhom celičnih plošč. To najbolje dosežemo z dodajanjem destilirane ali deionizirane vode do točke, kjer je vidna v celici in nato odstranimo dodatno vodo z orodjem za odstranjevanje elektrolita. Vstavimo napravo za uravnavanje tekočine pod G obremenitvami. Ta je sestavljena iz cevke in sesalne kapice, ki se stiska pod visokimi G obremenitvami in uravnava tekočino v helikopterju.

	<b>True blue power TB 17</b>	<b>Concorde RG 206</b>	<b>Marathon norco SP 1700</b>
<b>Tip baterije</b>	Litij-ionska	Svinčeno-kislinska	Nikelj-kadmijeva
<b>Nazivna napetost</b>	26,4 V	24V	24V
<b>Kapaciteta</b>	17 Ah	17 Ah	17 Ah
<b>Teža</b>	7,2 kg	19,1 kg	16,8 kg

## Porabniki GPS

Tekom let so ljudje uporabljali različne tehnike za navigacijo po svetu. Pojav globalnega sistema za določanje položaja, bolj znanega kot GPS, je revolucioniral navigacijo in odpravil potrebo po tradicionalnih (in pogosto zapletenih) tehnikah določanja položaja. Projekt GPS se je začel leta 1973 in postal popolnoma operativen leta 1994. Sistem, ki ga upravlja ameriško Ministrstvo za obrambo, je bil sprva namenjen vojaški uporabi, kasneje pa je postal dostopen tudi javnosti. Sestavlja ga mreža 24 aktivnih satelitov (z dodatnimi 8 kot rezervami), ki so nameščeni približno 20.000 km nad Zemljino površino. Vsak satelit neprekinjeno oddaja edinstvene signale, ki jih lahko GPS sprejemniki na Zemlji spremljajo in analizirajo za določitev natančne lokacije. Ti signali delujejo v vseh vremenskih razmerah, vendar ne morejo prodreti skozi trdne objekte, zato GPS sprejemniki najbolje delujejo, kadar smo na prostem.



Slika 5,6: GARMIN GTN 650 in ASPEN EFD 1000

## Delovanje satelitov v GPS

Sateliti letijo na orbitah, na višini 20.200 km, kar predstavlja prednost saj se s tem izognemo Zemljinim vplivom. Njihovo potovanje je mogoče matematično določiti. Razdaljo je mogoče izračunati če poznamo hitrost in čas potovanja radijskega vala od satelita GPS do sprejemnika GPS na tleh. Ure za merjenje teh časov morajo biti zelo natančne, saj valovanje potuje izredno hitro: od satelita do sprejemnika potrebuje nekaj stotink sekunde. GPS zahteva izjemno natančne ure, saj večina sprejemnikov meri čas v nanosekundah. Kljub tej natančnosti je ključno vedeti, kdaj je bil radijski signal oddan s satelita. Zato se uporablja sinhronizacija. Sprejemnik mora ugotoviti, kdaj je sam oddal signal, ki ga je nato prejel s satelita. Časovna razlika med oddajo in sprejemom določa čas potovanja signala. Zaporedje kod, ki ga uporabljata satelit in sprejemnik, je zelo kompleksno, a omogoča enostavno in enolično primerjavo. Te kode, imenovane psevdonaključne kode, so skrbno izbrane, čeprav delujejo naključno, in se ponavljajo vsako milisekundo. Natančnost ure v sprejemniku lahko izboljšamo z uporabo dodatnega satelita, kar omogoča merjenje razlik med časi sprejemov signalov. GPS sateliti obkrožijo Zemljo dvakrat na dan po natančno določeni orbiti. Vsak satelit oddaja edinstven signal in orbitalne parametre, kar omogoča GPS napravam dekodiranje in izračun natančnega položaja satelita. S to informacijo GPS sprejemniki uporabljajo metodo trilateracije za določanje natančne lokacije uporabnika. Sprejemnik izračuna razdaljo do vsakega satelita na

podlagi časa, ki ga signal potrebuje, da prispe do njega. Z merjenjem razdalj do več satelitov lahko sprejemnik določi uporabnikovo lokacijo in jo prikaže. Danes je GPS tehnologija vgrajena v različne naprave, vključno s pametnimi urami, satelitskimi komunikatorji, avtomobili, čolni in drugimi. Za izračun dvodimenzionalnega položaja (zemljepisna širina in dolžina) ter sledenje gibanju mora GPS sprejemnik sprejemati signale vsaj treh satelitov. Ko so vidni štirje ali več satelitov, lahko sprejemnik določi tridimenzionalni položaj (zemljepisna širina, dolžina in nadmorska višina). Na splošno GPS sprejemnik sledi osmim ali več satelitom, vendar to niha glede na čas dneva in lokacijo uporabnika. Presenetljivo je, da lahko nekatere sodobne naprave vse to izvajajo kar z udobja uporabnikovega zapestja. Naprava izračuna hitrost gibanja, nadmorsko višino na podlagi zračnega tlaka ali s pomočjo satelitov (čas trajanja poti signala od naprave do satelita, v satelitih je vgrajena atomska ura z največjo natančnostjo), vanjo je mogoče vnesti zemljevid kraja, v funkciji ko nas vodi do zelene točke, pove koliko smo še oddaljeni od cilja in koliko časa potrebujemo do tja upoštevajoč trenutno hitrost in smer gibanja, vnaprej načrtovano pot lahko s pomočjo programske opreme shranimo v napravo, ki nas kasneje vodi do izbrane točke po zeleni poti.

## **ASPEN EFD 1000**

Sistem EFD1000 je sestavljen iz elektronskega Zaslona (EFD), daljinskega senzorja (RSM), konfiguracijski modul (CM) in analognega Enota pretvornika (ACU ali ACU2).

Sistem EFD1000 zagotavlja prikaz položaja, hitrosti, višine, smeri leta, navpične hitrost, hitrost obračanja in kakovost obrata. Sistem lahko po želji zagotovi prikaz navigacijske informaciji prek vmesnikov za sprejemnike GPS in/ali navigacijske sprejemnike VHF.

Ko je povezan z združljivim avtopilotom, sistem EFD1000 zagotavlja smer in smer podatke o datumu avtopilotu, ki avtopilotu omogočijo sledenje smeri in vrednosti smeri, ki jih nastavi pilot na EFD1000. Če so nameščeni izbirni zaslони MFD, lahko prikazujejo teren, promet, vreme.

Primarni prikazovalnik leta (PFD) je digitalni sistem, ki prikazuje ključne letalske podatke. Sestavljen je iz visoko ločljivega barvnega LCD zaslona s šest palčno resolucijo ter vključuje uporabniške kontrole, fotocelice za prilagajanje svetlosti in režo za micro SD kartico, za shranjevanje podatkov.

Na zadnji strani zaslona je pritrjen neodstranljiv elektronski modul v kovinskem ohišju (s premerom 3 cm in globino 4 cm), ki vsebuje:

- **Senzorsko ploščo**, ki vključuje sistem za zaznavanje položaja in smeri (AHRS) ter digitalni zračni podatkovni računalnik (ADC).
- **Glavno procesorsko ploščo**, ki vsebuje centralni procesor (CPE), grafični procesor in sistemski pomnilnik.
- **Vhodno-izhodno ploščo**, ki omogoča komunikacijo z drugimi letalskimi sistemi.

To omogoča zanesljivo delovanje PFD-ja in integracijo z ostalimi navigacijskimi in letalskimi sistemi.

Konfiguracijski modul vsebuje pomnilniško napravo EEPROM, ki shranjuje sistemske podatke o konfiguraciji in kalibraciji ter ima dve glavni funkciji:

- **Shranjevanje podatkov o letalu**: Ohranja informacije o konfiguraciji letala, kalibracijske podatke in uporabniške nastavitve. To omogoča zamenjavo PFD-ja zaradi servisnih posegov brez potrebe po ponovnem vnosu podatkov ali ponovni kalibraciji.
- **Licenčni ključ**: Vsebuje licenčni ključ, ki določa aktivirane funkcije programske opreme PFD-ja.

Konfiguracijski modul je običajno pritrjen na snop žic, ki so povezane s priključkom D-sub prikazovalne enote.

Enotni analogni pretvornik (ACU) ki je vključena v večino sistemov Pro PFD, omogoča povezavo digitalnega sistema EFD1000 z analognimi letalskimi napravami, kadar je to potrebno. ACU pretvarja različne analogne vmesnike v digitalna podatkovna vodila ARINC 429, ki jih podpira PFD. Poleg tega nadzorni parametri, kot je zelena smer, potujejo iz Pro PFD v ACU, kjer se pretvorijo v analogni format za podporo avtopilotu.

ACU je potreben v namestitvi Pro PFD, kadar je zahtevana katera koli od naslednjih funkcij:

- Povezava s podprtimi avtopiloti
- Povezava z običajnimi VHF navigacijskimi radijskimi postajami
- Povezava s starejšimi GPS navigatorji brez podpore ARINC 429
- Povezava s podprtimi obvestili o višini odločanja radarskega višinomera

Če so v letalu nameščeni digitalni radijski sprejemniki, ki temeljijo na ARINC 429, kot so GPS/nav./comm sprejemniki serije Garmin 400/500, in niso potrebni dodatni vmesniki z drugimi letalskimi sistemi, ACU ni potreben. Oddaljeni senzorski modul (RSM) je sestavni del sistema EFD1000 in deluje v povezavi s senzorji prikazovalne enote kot del sistemov AHRS (Attitude and Heading Reference System) in ADC (Air Data Computer).

RSM je po videzu in načinu namestitve podoben GPS-anteni ter se običajno montira na zunanji del trupa letala, praviloma za kabino. RSM vključuje naslednje podsisteme:

- 3D magnetne senzorje za zaznavanje smeri (heading),
- senzor zunanje temperature zraka (OAT),
- rezervni GPS-sprejemnik in anteno za nujne primere.

Komunikacija med RSM in primarnim letalskim zaslonom (PFD) poteka preko digitalne kableske povezave.

## **GARMIN GTN 650**

GTN 650 vključuje vse funkcije modela GTN 625, vendar je dodatno opremljen s zračnimi komunikacijskim oddajnikom ter sprejemniki za VOR. GTN 625 je zmogljiv navigacijski sistem, ki temelji na GPS/SBAS tehnologiji in je certificiran po standardu TSO-C146c. Primeren je za osnovno navigacijo v domačem, oceanskem in oddaljenem zračnem prostoru ter omogoča uporabo na vseh ravneh letenja – od načrtovanja poti do pristajalnih postopkov, vključno z natančnimi pristopi LPV in LNAV/VNAV. Naprava lahko hkrati prikazuje ključne podatke o pristopu ter informacije o vremenu in prometu v realnem času. Velik barvni zaslon z visokim kontrastom omogoča odlično vidljivost iz širokih kotov, tudi pri neposredni sončni svetlobi. Premični zemljevid z vgrajeno bazo podatkov prikazuje mesta, ceste, železnice, reke, jezera, obale ter celotno Jeppesenovo bazo podatkov, ki vsebuje letališča, VOR-je, NDB-je, križišča, FSS-je, postopke pristopa, odhode (DP) in prihode (STAR), kot tudi posebne zračne prostore (SUA). Bazo podatkov je mogoče enostavno posodobiti preko sprednje reže za pomnilniško kartico. GTN 625 je izjemno zmogljiv in prilagodljiv navigacijski sistem, še posebej v kombinaciji s prometnimi, vremenskimi in detekcijskimi vmesniki. S pomočjo računalniškega programa za napovedovanje FDE je možno njegovo uporabo tudi pri oceanskih in oddaljenih operacijah. Za najnovejše vremenske informacije v grafični in besedilni obliki pa se lahko poveže s sistemom SiriusXM Weather Service prek Garmin GDL 69/69A podatkovnega sprejemnika.

## **Dodatni porabniki električne energije**

Med letom skozi oblake s podhlajenimi vodnimi kapljicami ali med delovanjem na tleh pri ledeni megli lahko pride do poledenitve motorja in prednjih robov sesalnega kanala. Ker lahko led na teh površinah močno omeji pretok zraka skozi motor, kar vodi v zmanjšano zmogljivost in morebitno okvaro, je v nekaterih primerih potrebna ustrezna zaščita pred poledenitvijo. Poškodbe lahko nastanejo tudi zaradi odlomljenega ledu, ki pride v motor ali trči ob akustični material, ki obdaja sesalni kanal. Sistem za zaščito pred poledenitvijo mora učinkovito preprečiti nastanek ledu v okviru operativnih zahtev določenega letala. Ta sistem mora biti zanesljiv, enostaven za vzdrževanje, ne sme povzročiti prekomerne teže, ki bi negativno vplivala na zmogljivost letala in ne sme vplivati na zmanjšanje zmogljivosti motorja med delovanjem. Sistem za zaščito pred poledenitvijo s segretim zrakom zagotavlja ogrevanje površin motorja in/ali pogonskega sklopa, kjer lahko nastane led. Zaščita rotornih lopatic je redko potrebna, saj se morebitni ledeni nanosi razpršijo zaradi centrifugalne sile. Zaščita je potrebna, kadar so statorji nameščeni pred prvo stopnjo rotirajočega kompresorja. Rotirajoč nosni stožec ne potrebuje zaščite pred poledenitvijo kadar je zaradi oblike, konstrukcije in rotacijskih lastnosti morebitna poledenitev sprejemljiva. Topel zrak potreben za zaščito pred poledenitvijo se pridobi iz visokotlačnih kompresorskih stopenj. Topel zrak prehaja preko ventilov za regulacijo tlaka do delov, ki zahtevajo zaščito pred poledenitvijo. Izrabljen zrak iz sistema za zaščito pred poledenitvijo nosne konice se spusti v dovod kompresorja ali ven iz letala. Na zunanjo površino pokrovov motorja so nameščeni električni grelni vložki. Sestavljeni so iz trakov vodnikov, vgrajenih med plasti neoprena ali steklenih tkanin, ki so impregnirane z epoksi smolo. Posebna barva na osnovi poliuretana nudi zaščito pred erozijo zaradi dežja. Med delovanjem sistema za odmrzovanje, so nekateri deli nenehno ogrevani, s čimer se prepreči nastanek ledene plasti na sprednjih robovih, ter omeji velikost ledu, ki nastane na delih, ki so

občasno ogrevana. Pred poizkusom smo izključili anti-icing, eng. fuel aft., boost fw, anti. Anti icing je sistem ki omogoča, da motor pri daljših poletih ne zamrzne. Fuel Aft nadzira pretok iz zadnjih rezervoarjev. Boost Fwd. pa aktivira sprednjo gorivno ročko. Številni letalski inštrumenti kot so električni umetni horizont, obaro meter, višino meter, hitrostomer, magnetni kompas in vertikalni hitrostomer so med samim letom vklopljeni vendar je njihova poraba elektrike zanemarljivo majhna in ne bi vplivala na potek meritev.



SLIKA 7: dokaz o izklopu dodatnih porabnikov električne energije na helikopterju

## Kalibracija naprave za meritev v eksperimentalnem delu

Kalibracija ali umerjanje je niz postopkov za ugotavljanje povezave med vrednostmi, ki jih kaže merilni instrument, oziroma vrednostmi, ki jih predstavlja opredmetena mera ali referenčni material, in pripadajočimi vrednostmi, pod določenimi pogoji. Sam sem za izvajanje naloge uporabil digitalni multimeter METEX M-3860M, ki je bil ustrezno kalibriran. Parametri, na katerih je bil kalibriran so: enosmerna napetost, izmenična napetost, enosmerni tok, izmenični tok, upornost, frekvenca. Rezultat kalibracije je pokazal, da so vse ustrezno označene izmerjene vrednosti znotraj dopustnih mejnih pogreškov predmeta kalibracije, kot jih navajata proizvajalec ali naročnik, in so podani ob merilnih rezultatih.



SLIKA 8: voltmeter, ki se ga uporabil pri merjenju napetosti

## EKSPERIMENTALNI DEL IN REZULTATI

Po Ohmovem zakonu je napetost produkt upora in toka nekega električnega sistema:

$$U = R * I$$

Napetost je merjena v voltih, tok v amperih in upor v omih. Vsi inštrumenti (porabniki) katere smo merili, so vzporedno vezani. Pri vzporedni vezavi pride do sledečih lastnosti:

$$U = U_1 = \dots = U_N$$

$n$  predstavlja  $n$ -to število upornikov. Napetost je enaka napetosti vsake posamezne baterije.

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_N$$

Kjer  $n$  predstavlja število vseh tokov. Vsota vseh tokov je skupni tok.

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_N}$$

Kjer  $N$  predstavlja število vseh upornikov. Pri vzporedni vezavi je skupni upor manjši od najmanjšega posameznega upora.

Za primerjavo delovanja različnih porabnikov pri različnih baterijah je sprva treba razumeti, da lahko različne baterije proizvedejo različno moč pri enaki napetosti. To se lahko zgodi zaradi različne kapacitete baterija ali pa drugačnega števila celic v bateriji npr. NiCd baterija s 20 celicami proizvede več moči kot enaka baterija s 19 celicami. Pri baterijah različnih kemijskih sestav je ta razlika še bolj očitna. Električna moč je sposobnost prenosa električne energije po električnem sistemu. Definirana je kot skalarna količina in je zmnožek napetosti in toka. Osnovna enota je Watt.

$$P = U * I$$

Na začetku smo s poskusom izmerili padec baterije za 1 volt pri različnih porabnikih. Zanimal nas je čas padca. Naša hipoteza je bila da bo pri večjem številu porabnikov napetost padla hitreje. Vsi helikopterji, na katerih smo merili napetost so imeli enako Ni Cd baterijo s 20 celicami. Pred vklopom sistema smo izključili vse dodatne porabnike električne energije npr. anti icing.

Glavni porabnik električne energije je bila navigacijska naprava. Ostali inštrumenti so porabljali električno energijo vendar je to zanemarljivo in jo lahko štejemo kot dovoljeno napako v poskusu saj merjenje tega toka ni bili mogoče zaradi varnosti helikopterja. Vzeli smo tri helikopterje z registrskimi številkami S5-HZJ, S5-HZJ in H1-21.

S5-HZJ	S5-HPK	H1-21
1x Garmin 650 GTN	2x Garmin 650 GTN	2x Garmin GTN 650 in Aspen EFD 1000

	S5-HZJ	S5-HPK	H1-21
Začetna napetost (V)	26,13	25,86	25,46
Končna napetost (V)	24,93	24,84	24,44
Čas (s)	211	341	84
Sprememba napetosti (V)	1,2	1,02	1,02

Hipotezo smo potrdili: helikopterji z največ porabniki so potrebovali manj časa, da je napetost padla za en volt, kar pomeni da je električna poraba veliko večja.

Sedaj lahko izračunamo moč, ki jo oddajajo porabniki po dani formuli  $P = U * I$ . Za napetost bom privzel povprečno vrednost, ki jo izračunamo po formuli  $\frac{U_Z + U_K}{2}$ .

	S5HZJ	S5HPK	H121
Povprečna napetost (V)	25,53	25,35	24,95

Izračunamo še moč. Sedaj moramo izračunati, kakšen je tok pri danih vrednostih. Iz tehničnih listin smo razbrali podatek, da Garmin GTN 650 daje tok 0,3 A pri 28V napetosti Aspen EFD 1000 H pa 2,4 A pri 28 V. To izračunamo po principu konstantne moči. To pomeni da moč ostaja vendar sta tok in napetost obratno sorazmerna. Napako bom privzel in posplošil, da je tudi pri 26 V 0,3 A toka saj je napak premajhna da bi vplivala na končen rezultat in izračun.

Pri izračunu moči, ki jo oddaja baterija pri določenem toku se je potrebno zavedati, da lahko različne baterije pri enaki napetosti proizvajajo različno moč. To je povezano z dejstvom, da imajo lahko baterije različno število celic ali pa da so različnih kemijskih sestav.

Najprej sem uporabil formulo za moč:

$$P = U_{obr.} * I$$

$U_{obr.}$  je definiran kot napetost baterije pod notranjim uporom, notranjo obremenitvijo. To je napetost, ki jo prejme porabnik. Ta se lahko razlikuje od baterije do baterije saj imajo različne baterije različne notranje upore.

Da pa bi izračunali  $U_{obr.}$  moramo ugotoviti nominalno vrednost napetosti  $U_{Nom.}$ . To je napetost baterije brez zunanjih porabnikov. Merjena je v odprtem topokrogu brez porabnikov. Razliko med napetostjo brez obremenitve in z obremenitvijo imenujemo padec napetosti  $U_{Pad.}$ . Padec

napetosti se pojavi le takrat, ko je baterija pod obremenitvijo. Pojavi se šele, ko steče tok. Pri večjih tokovih je ta padec bolj razviden kot pri manjših.

Formula napetosti pod notranjo obremenitvijo je:

$$U_{Obr.} = U_{Nom.} - U_{Pad.}$$

Iz definicije padca napetosti lahko formulo preoblikujemo:

$$U_{Pad.} = I * R_{Not.}$$

$R_{Not.}$  je notranji upor baterije. Ta je neposredno vezan na kemijsko sestavo baterij.

Baterija	TB17 (Liti-ion)	RG206 (svinčeno-kislinska)	SP1700 (Ni-Cd)
Približni notranji upor	0,02	0,01	0,05

Iz tega lahko spišemo enačbo:

$$U_{Obr.} = U_{Nom.} - (I \times R_{Not.})$$

$U_{Nom.}$  pa lahko izračunamo kot produkt števila celic v bateriji ter električne napetosti vsake izmed celic:

$$TB17 \rightarrow 3,6 V \times 8 = 28,8 V$$

$$RG206 \rightarrow 2,2 V \times 12 = 26,4 V$$

$$NiCd \rightarrow 1,2 V \times 20 = 24 V$$

HELIKOPTER	TB17	RG206	SP1700
S5-HZJ	8,63 W	7,91 W	7,19 W
S5-HPK	17,27 W	15,83 W	23,97 W
H1-21	86,22 W	79,11 W	71,55 W

Ugotovili smo, da litij-ionska baterija oddaja največjo električne moči, če uporabljamo 2x Garmin GTN 650 in Aspen EFD 1000.

Sedaj lahko izračunamo še delo. Izračunali bomo, koliko dela bi različne baterije oddale pri različni napetosti v 1 uri in koliko dela je oddala NiCd baterija pri različnih porabnikih pri padcu za en volt.

To izračunamo po enačbi:

$$E = P * t$$

HELIKOPTER	TB17	RG206	SP1700
S5-HZJ	863 Wh	7,91Wh	7,19 Wh
S5-HPK	17,27 Wh	15,83 Wh	23,97 Wh
H1-21	86,22 Wh	79,11 Wh	71,55 Wh

HELIKOPTER	ČAS	MOČ	DELO
S5-HZJ	341 s	8,01 W	0,76 Wh
S5-HPK	211 s	16,18 W	9,49 Wh
H1-21	84 s	80,15 W	1,87 Wh



**SLIKA 9:** Nikel- kadmijeva baterija v helikopterju bell 206

# RAZPRAVA

V tem delu raziskovalne naloge se posvečam razpravi in ključnim dosežkom raziskovalne naloge. Pomembno je poudariti, da je ta raziskovalna naloga lahko odskočnica za raziskave na tem področju. Opazil sem, da je za letalo Bell 206 najbolj optimalna baterija True Blue B17 z 2x Garmin GTN 650 in 1x Aspen EFD 1000, ki omogoča pilotu odlično preglednost nad letenjem in daje največjo moč ter proizvede največ dela po 1 uri uporabe. Pomembno pa se je zavedati da so NiCd baterije veliko bolj varne. Problem litij-ionskih baterij je, da se lahko ob stiku z vodo hitro vnamejo. Litij-ionske baterije so v Ameriki z zakonodajo dovoljene (FAA (Federal Aerospace Agency) medtem ko pri nas letalska zakonodaja ne dopušča njihove uporabe. Morda bodo v prihodnosti litij-ionske baterije veliko bolj varne in primerne za uporabo. Slovenska vojska uporablja NiCd baterije, ki potrebujejo manj servisnega časa kot svinčene a več kot litij-ionske. NiCd baterije so tudi cenejše in bolj dostopne od litij-ionskih. Čeprav so slednje lažje in manjše od Nicd in svinčenih baterij. Pri litij-ionski bateriji lahko med transportom ali uporabo pride do prezračevanja s plamenom, ki pa je lahko izredno nevarno. Pomembno se mi zdi tudi nadaljnjo raziskovanje na litij-ionskih baterijah, predvsem na področju izboljšanja varnosti in na njihovem samem delovanju pod različnimi G obremenitvami. Potrebne pa so tudi novosti in raziskave na področju odkrivanja novih alternativnih oblik akumulatorskih celic kot so na primer vodikove celice.

## ZAKLJUČEK

Upam, da bo moje raziskovalno delo navdihnilo raziskovalce za nadaljnjo raziskovanje na področju letalstva in strojništva. Zdi se mi pomembno tudi raziskovanje baterij na tem področju. V zadnjih letih vidimo preboj v vodikovi energiji, ki bi lahko imela potencial v letalski industriji, kar bi pripomoglo k manjšemu onesnaževanju okolja. Pomembno je, da na področju letalstva izboljšamo varnost zrakoplovov in osebja v letalstvu.

# LITERATURA

Slekovec, M. *Splošna in organska kemija*, Maribor: Univerza v Mariboru, 2010.

AirHistory.net. *Photos*. 2025. (citirano 20. 2. 2025). Dostopno na naslovu: <https://www.airhistory.net/photo/145720/S5-HPK>

Airwolf Aerospace. *Advanced Airwolf Lithium-ion Battery STC Kits and Airwolf Smart Lithium Charger*. 2025. (citirano 21. 1. 2025). Dostopno na naslovu: <https://airwolfaerospace.com/products/advanced-airwolf-lithium-ion-battery-stc-kits-and-airwolf-smart-lithium-charger>

Aspen Avionics. *Evolution 1000 PRO MAX primary flight display*. 2025. (citirano 20. 2. 2025). Dostopno na naslovu: <https://aspnavionics.com/products/general-aviation/efd-1000-pro-max>

Battery University. *Understanding Lithium-ion*. 2024. (citirano 28. 1. 2025). Dostopno na naslovu: <https://batteryuniversity.com/article/understanding-lithium-ion>

Battery University. *How does the Lead Acid Battery Work?* 2024. (citirano 18. 2. 2025). Dostopno na naslovu: <https://batteryuniversity.com/article/bu-201-how-does-the-lead-acid-battery-work>

Battery University. *BU-203: Nickel-based Batteries*. 2024. (citirano 23. 2. 2025). Dostopno na naslovu: <https://batteryuniversity.com/article/bu-203-nickel-based-batteries>

Britannica. *Diffusion*. 2025. (citirano 28. 2. 2025). Dostopno na naslovu: <https://www.britannica.com/science/diffusion>

Celltech. *Charging of batteries*. 2025. (citirano 20. 2. 2025). Dostopno na naslovu: <https://batteryschool.celltech-group.com/part-2-charging/>

Garmin. *What is GPS?* 2025. (citirano 28. 2. 2025). Dostopno na naslovu: <https://www.garmin.com/en-US/aboutgps/>

Garmin. *GTN™ 650Xi*. 2025. (citirano 28. 2. 2025). Dostopno na naslovu: <https://www.garmin.com/en-US/p/606906>

Globalair. *Bell Longranger 206L-3*. 2025. (citirano 20. 2. 2025). Dostopno na naslovu: [https://www.globalair.com/aircraft-for-sale/specifications?specid=312&utm\\_source=chatgpt.com](https://www.globalair.com/aircraft-for-sale/specifications?specid=312&utm_source=chatgpt.com)

Olmec Advanced Materials. *Why Graphite is the Ideal Material*. 2020. (citirano 22. 2. 2025). Dostopno na naslovu: [https://www.olmec.co.uk/why\\_graphite\\_is\\_the\\_ideal\\_material/#:~:text=Graphite%20is%20a%20good%20conductor,that%20conducts%20electricity%20so%20effectively](https://www.olmec.co.uk/why_graphite_is_the_ideal_material/#:~:text=Graphite%20is%20a%20good%20conductor,that%20conducts%20electricity%20so%20effectively).

PISRS. *Zakon o letalstvu*. 2025. (citirano 27. 2. 2025). Dostopno na naslovu: <https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=ZAKO8424>

Proponent. *Marathon Batteries*. 2025. (citirano 20. 2. 2025). Dostopno na naslovu: <https://www.proponent-battery.com/product-category/aviation-batteries/marathon-batteries/>

Quarktwin technology. *Nickel-cadmium battery working principle and repair methods*. 2015. (citirano 28. 1. 2025). Dostopno na naslovu: <https://www.quarktwin.com/blogs/battery/nickel-cadmium-battery-working-principle-and-repair-methods/54?srsId=AfmBOopaH2KSkfX1ho9BZ9PnlRKggy2SBb1zwZFdhi7tujizesWN8fKQ>

Science ABC. *How Does A Galvanic Cell Work?* 2025. (citirano 28. 2. 2025). Dostopno na naslovu: <https://www.scienceabc.com/innovation/galvanic-cell-work.html>

ScienceDirect. *Galvanic Cell*. 2025. (citirano 28. 2. 2025). Dostopno na naslovu: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/galvanic-cell>

UK Aviation Sales LTD. *Bell B206BIII*. 2025. (citirano 21. 2. 2025). Dostopno na naslovu: <https://www.ukaviationsales.com/aircraft-for-sale/bell-b206biii-2/>

University of Tasmania. *How GPS works*. 2014. (citirano 28. 2. 2025). Dostopno na naslovu: <https://nre.tas.gov.au/Documents/Worksheet%201%20-%20How%20GPS%20Works.pdf>

U.S. Department of Energy. *DOE Explains... Batteries*. 2025. (citirano 28. 2. 2025). Dostopno na naslovu: <https://www.energy.gov/science/doe-explainsbatteries>

Volontar, K. *Satelitska navigacija GPS*. 2002. (citirano 18. 2. 2025). Dostopno na naslovu: [https://www.volontar.net/javno/clanki/satelitska\\_navigacija\\_GPS\\_2001.pdf](https://www.volontar.net/javno/clanki/satelitska_navigacija_GPS_2001.pdf)  
[file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/SPEC\\_Narad\\_Luka\\_i2009%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/SPEC_Narad_Luka_i2009%20(1).pdf)

Wikipedia. The Free Encyclopedia. *Bell 206*. 2025. (citirano 18. 2. 2025). Dostopno na naslovu: [https://en.wikipedia.org/wiki/Bell\\_206](https://en.wikipedia.org/wiki/Bell_206)

Uradni list. *Zakon o letalstvu*. 2024. (citirano 18. 2. 2025). Dostopno na naslovu: <https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/2024-01-2517/zakon-o-letalstvu-zlet-1>

Battery university, *How does lead acide batteries work* (citirano 6. 4. 2025). Dostopno na naslovu: <https://batteryuniversity.com/article/bu-201-how-does-the-lead-acid-battery-work>

# PRILOGE

Za lažje razumevanje prilagam definicije besed in določene izseke zakona o letalstvu.

## 24. Linijsko vzdrževanje

Linijsko vzdrževanje je vzdrževanje, ki mora biti izvršeno pred letom (servisni pregledi), kar zagotavlja, da je zrakoplov sposoben za varen let. Pomen linijskega vzdrževanja je tudi odpravljanje napak, zamenjava komponent in odkrivanje nepravilnosti. Linijsko vzdrževanje vključuje tudi načrten pregled vseh struktur in sistemov ter manjša popravila.

## 4. Napaka(ang. fault)

Napaka pomeni, da je na komponenti ali sistemu nastala napaka. Ta ne omogoča normalnega leta zrakoplova vendar z ustreznimi postopki lahko popravimo napako.

## 35. Okvara

Okvara pomeni, da je na komponenti ali sistemu nastala napaka, ki onemogoča varno letenje zrakoplova vendar se okvarjene komponente ali sistema ne da popraviti.

## 45. Nevarnost

Pomeni izredno stanje, kjer se lahko zgodi smrt ali poškodbe osebe, poškoduje opremo ali konstrukcijo, izgubo materiala.

### Bazno vzdrževanje

	Minimalno zahtevano število oseb	Nivo usposobljenosti
Certificiranje	1	C
Podporno B 1.2	2	B1
Podporno B2	1	B2
Skupaj	4	

### Linijsko vzdrževanje

	Minimalno zahtevano število oseb	Nivo usposobljenosti
Podporno B 1.2	1	B1.2
Podporno B2	1	A/B2
Skupaj	2	

## 2.1.3 Vrednotenje dobaviteljev

Dobavitelj je definiran kot izvor, pri katerem Potrjena vzdrževalna organizacija naroča storitve, komponente, standardne dele, material, orodje in opremo. Dobavitelj 153. LETEHESK mora biti odobren s strani Ministrstva za obrambo Republike Slovenije(MORS). MORS ima za nakup in dobavo rezervnih delov za zrakoplove SV in izvedbo storitev za zrakoplove in komponente sklenjene pogodbe s pogodbeniki, ki so lahko posredniki, proizvajalci ali potrjene vzdrževalne organizacije.

Prenos uporabnih delov (kanibalizacija) je proces, pri katerem se sestavni del zrakoplova (produkt, komponenta, standardni del) sname iz zrakoplova in se vgradi na drug zrakoplov. Kanibalizacijo delov, ki so predmet prenosa je dovoljeno opraviti iz:

- 1.zrakoplova, ki je v uporabi;
- 2.zrakoplova, ki čaka na servisni pregled;
- 3.zrakoplova, na katerem se izvaja servisni pregled.

Odobritev kanibalizacije med zrakoplovi istega tipa je v pristojnosti vodje vzdrževalne organizacije.

## 5. člen

### (pomen izrazov in kratic)

39. »nesreča« je dogodek, povezan z delovanjem zrakoplova, ki se v primeru zrakoplova s posadko zgodi v času od vkrcanja katere koli osebe v zrakoplov, ki namerava leteti, do izkrcanja teh oseb ali ki se v primeru zrakoplova brez posadke zgodi v času od trenutka, ko je zrakoplov pripravljen za vožnjo z namenom leteti, do trenutka, ko se ob koncu leta ustavi in je njegov primarni pogonski sistem izključen, pri čemer:
- a) se oseba smrtno ali hudo poškoduje;
  - b) zrakoplov utрпи poškodbe ali konstrukcijsko okvaro, ki škodljivo vpliva na konstrukcijsko trdnost, zmogljivost ali letalne značilnosti zrakoplova in po navadi zahteva večja popravila ali zamenjavo poškodovanih sestavnih delov, razen v primeru okvar ali poškodb motorja, ko je škoda omejena na en sam motor (vključno s pokrovi ali dodatno opremo), propelerje, konce kril, antene, sonde, lopatice, gume, zavore, kolesa, obloge, plošče, vrata pristajalnega podvozja, vetrobranska stekla, oplate zrakoplova (kot so manjše udrtine ali luknje) ali manjše poškodbe na glavnih rotorskih krakih, repnih rotorskih krakih, pristajalnem podvozju ter poškodbe zaradi toče ali trka s pticami (vključno z luknjami v radarskem nosu); ali
  - c) je zrakoplov pogrešan ali popolnoma nedostopen;

33. »licenciranje vojaškega letalskega osebja in drugega strokovnega osebja vojaškega letalstva« je opravljanje vseh strokovnih dejanj, ki jih opravlja vojaški letalski organ v zvezi z izdajo vojaških licenc, izkazov, dovoljenj, ratingov, pooblastil, kategorij, potrdil oziroma drugih ustreznih listin, ki se izdajajo vojaškemu letalskemu osebju oziroma drugemu

strokovnemu osebju vojaškega letalstva, izdajo navedenih listin in vpisom ratingov, pooblastil oziroma kategorij v vojaške licence in izkaze, določitev pooblastil navedenih oseb, potrditvijo priročnikov usposabljanj, potrditvijo uporabe naprav in sredstev za usposabljanje vojaškega letalskega osebja in drugega strokovnega osebja vojaškega letalstva ter priznanjem licenc, ki jih izdajo drugi civilni ali vojaški organi

32. »licenciranje« je opravljanje vseh strokovnih dejanj, ki jih opravlja pristojni organ in ki zajemajo oceno usposobljenosti vložnika v zvezi z izdajo licenc, dovoljenj, ratingov, pooblastil, potrdil, spričeval oziroma drugih ustreznih listin, ki se izdajajo osebju v letalstvu, izdajo navedenih listin in vpis ratingov oziroma pooblastil v licence, določitev pooblastil navedenih oseb, potrditev programov usposabljanj, potrditev uporabe naprav in sredstev za usposabljanje osebja v letalstvu ter priznanje licenc, ki jih izdajo tretje države

68. »slovenski vojaški zrakoplov« je zrakoplov, vpisan v register ali evidence vojaških zrakoplovov ministrstva, pristojnega za obrambo;

- 86. »vojaška licenca ali izkaz« je listina, ki jo izda vojaški letalski organ, s katero se potrdi, da vojaško letalsko osebje in drugo strokovno osebje vojaškega letalstva izpolnjuje pogoje za opravljanje določenih del;
- 87. »vojaški heliport« je določena kopenska ali vodna površina, ki je namenjena za varno vzletanje in pristajanje vojaških helikopterjev in je na območju posebnega pomena za obrambo;
- 91. »vojaški zrakoplov« je zrakoplov, ki se uporablja v vojaške namene;
- 92. »vojaško letališče« je določena kopenska ali vodna površina, vključno z objekti, napravami in opremo na tej površini, ki je v celoti ali deloma namenjena za pristajanje, vzletanje in gibanje določenih vrst in kategorij vojaških zrakoplovov in je na območju posebnega pomena za obrambo;
- 93. »vojaško vzletišče« je določena kopenska ali vodna površina, ki je v celoti ali deloma namenjena za pristajanje, vzletanje in gibanje določenih vrst in kategorij vojaških zrakoplovov in je na območju posebnega pomena za obrambo

## **11. člen**

### **(urejanje vojaškega letalstva)**

(1) Ministrstvo, pristojno za obrambo, ureja in nadzoruje vojaško letalstvo v skladu z mednarodnimi pogodbami, ki zavezujejo Republiko Slovenijo, in pravno zavezujočimi mednarodnimi akti, sklenjenimi za izvajanje mednarodnih pogodb, in tem zakonom ter drugimi predpisi in pravnimi akti ter standardi, ki veljajo v Republiki Sloveniji za vojaško letalstvo.

(2) Vlada določi način sodelovanja med ministrstvom, pristojnim za obrambo, ministrstvom in izvajalcem navigacijskih služb zračnega prometa ter drugimi organi in organizacijami, na delovno področje katerih se posamezni vojaški standard nanaša, pri

sprejemanju in izvajanju slovenskih vojaških standardov, ki se nanašajo na vojaško letalstvo. Ob tem določi način seznanjanja s temi vojaškimi standardi.

(3) Vojaški letalski organ je letalski nadzorni, regulativni in strokovni organ s pristojnostmi iz 253. člena tega zakona na področju vojaškega letalstva.

(4) Ministrstvo in ministrstvo, pristojno za obrambo, agencija in vojaški letalski organ lahko sklepajo dogovore o vprašanih skupnega pomena.

## **62. člen**

### **(vzdrževanje zrakoplovov)**

(1) Zrakoplovi se vzdržujejo v skladu s predpisi Evropske unije in tem zakonom ter drugimi predpisi in pravnimi akti, ki veljajo v Republiki Sloveniji na področju civilnega letalstva.

(2) Vzdrževanje zrakoplova izvajajo potrjena vzdrževalna organizacija, potrditveno osebje, pilot lastnik ali od njega pooblaščen osebja in katera koli druga oseba v skladu s predpisi Evropske unije in tem zakonom ter drugimi predpisi in pravnimi akti, ki veljajo v Republiki Sloveniji na področju civilnega letalstva.

(3) Pravni ali fizični osebi iz prejšnjega odstavka, ki predloži dokazila o izpolnjevanju pogojev glede osebja in njegove usposobljenosti, prostorov in dokumentacije v skladu s predpisi Evropske unije in tem zakonom ter drugimi predpisi in pravnimi akti, ki veljajo v Republiki Sloveniji na področju civilnega letalstva, agencija, usposobljeni subjekt ali pooblaščen organizacija izda ustrezno spričevalo, licenco, dovoljenje, rating, pooblastilo, potrdilo oziroma drugo ustrezno listino.

(4) Minister podrobneje določi:

- način vzdrževanja zrakoplovov, ki niso urejeni s predpisi Evropske unije,
- način pridobitve listine vzdrževalne organizacije glede osebja, prostorov in dokumentacije ter zahteve glede usposobljenosti osebja, pilota lastnika in drugih oseb, ki vzdržujejo zrakoplove, ki niso urejeni s predpisi Evropske unije.

## **66. člen**

### **(osebje v letalstvu)**

Osebje v letalstvu so:

1. piloti in kabinsko osebje,
2. osebe, ki opravljajo naloge vzdrževanja in plovnosti zrakoplova,
3. osebe, ki opravljajo naloge kontrole zračnega prometa,
4. osebe, ki opravljajo naloge načrtovanja letalskih operacij,
5. padalci, piloti naprav za prosto letenje in piloti na daljavo,
6. osebe, ki opravljajo naloge izvajanja letalskih meteoroloških opazovanj ali dajanja napovedi in opozoril,
7. osebe, ki opravljajo naloge v zvezi z oskrbo zrakoplovov, potnikov in tovora na letališču,
8. osebe, ki opravljajo operativne naloge pri izvajalcu storitev ATM/ANS, razen oseb iz 3. in 6. točke tega člena, in
9. drugo osebje v letalstvu, ki opravlja dela, pomembna za varnost zračnega prometa.

## SEZNAM PRILOG

- Letalska zakonodaja (viri je naveden med literaturo)
- Slike:

Slika 1:

<https://www.airhistory.net/photo/145720/S5-HPK>

[Slika 2:](#)

<https://www.ukaviationsales.com/aircraft-for-sale/bell-b206biii-2/>

[Slika 3:](#)

<https://www.proponent-battery.com/product-category/aviation-batteries/marathon-batteries/>

[Slika 4:](#)

<https://airwolfaerospace.com/products/advanced-airwolf-lithium-ion-battery-stc-kits-and-airwolf-smart-lithium-charger>

[Slika 5:](#)

<https://www.garmin.com/en-US/p/606906>

[Slika 6:](#)

<https://aspenavionics.com/products/general-aviation/efd-1000-pro-max>

[SLIKA 7,8,9](#)

[Zasebni arhiv](#)